jh231005

多次元高精細地表情報（MHESD）の 地球科学・歴史考古学における高度利活用

早川裕弌（北海道大学）

概要

本研究では、多次元高精細地表情報（MHESD）のアーカイヴを高度化し、効率的な解析手法の開発やデータ共有、3D 表示・出力など、多様な活用可能性を追求することを目的とする。MHESD は地球科学や歴史考古学分野で広く活用される大規模なデータセットであり、異分野横断的な利活用の推進が期待されている。そこで本研究では mdx システムを使用して、データの収集と整理を進めつつ、多分野間でのデータ共有や解析手法の開発を効率化することをめざす。mdx により、従来の非効率な方法よりもコストを抑えてデータを活用することが可能になる。開発の前段階としてデータの収集と整理に取り組み、商用システムを参考にデータ解析の機能についても検討した。今後は外部資金も活用して mdx を利用するシステム開発を進め、データの保管や共有の機能を実装する予定であり、特に情報技術に精通しない研究者にも利用しやすい環境を提供することが期待される。

1. 共同研究に関する情報

(1) 共同利用・共同研究を実施している拠点名

mdx

(2) 課題分野

データ科学・データ利活用課題分野

(3) 共同研究分野(HPCI 資源利用課題のみ)

(4) 参加研究者の役割分担

早川裕弌（北海道大学）: 研究統括，データ利活用の試験的取り組みの実施，アーカイヴ方法の検討

齋藤　仁（名古屋大学）: データ利活用およびアーカイヴ方法の検討

小倉拓郎（兵庫教育大学）: データ取得および共有方法の検討

2. 研究の目的と意義

本研究は、地表面における空間情報の一種としての多次元高精細地表情報（Multi-dimensional High-definition Earth Surface Data, MHESD）のデータアーカイヴを高度化し、その効率的な解析手法の開発やデータ共有、3D 表示・出力といったことによる多様な活用可能性を開拓することを目的とする。

本研究により, 主に地球表層に関わる自然・人文を含む異なる分野を通貫し，超学際的な MHESD の利活用を実験的に発展させることが期待される。たとえば，UAS（無人航空機

システム）を用いて得られる空撮画像やレーザ点群などは，3 次元や 4 次元，また非可視情報など複数の属性情報をもつ形式でデータの容量も大きく，その効率的なハンドリングが求められている。もし円滑なデータ共有・解析・出力のワークフローが整備された場合，MHESD の日本における研究拠点として本プロジェクトが中核をなすことができるとともに，代表者のアジアオセアニア地域における研究者ネットワーク，および欧米における同様な研究拠点との連携を通じて，その国際的な発展にも結び付けられる可能性がある。

3. 当拠点の公募型共同研究として実施した意義

UAS などの低空や、地上のプラットフォームにより、写真測量、レーザ測量、マルチ／ハイパースペクトルセンサ等の多様なセンサによる大規模多次元高精細地表情報（MHESD）は地球科学分野のみならず文化財・歴史学分野においてもその活用が近年急速に広まっている。mdx はそうした大規模で多様なデータセットを適切に管理し，また即時に解析・共有することができるプラットフォームであり，地形学，森林科学，砂防，気象学，考古学，博物館学，歴史学，教育学などといった様々な分野において，MHESD の学際的な利活用において重要な情報基盤となるものである。本研究では，必ずしも情報学に精通していない分野の研究者間においても，こうした mdx を介した MHESD の利活用を普及させることが重要な目的となり，またそのための資源が必要となる。従来の各分野では，それぞれの研究者が独自に MHESD を取得し，個別のデータストレージや外部サービスで共有を行ってきた。しかしながら，データがより高精細で大規模になるに従い，そういった別個の対応では非効率さやコストの上昇が際立ってきている。そこで，mdx といった統合的かつ学術利用に特化したシステムを用いることで，こうした多分野間でのデータ共有や解析手法の開発を，より効率的に進めることが可能になることが期待される。

4. 前年度までに得られた研究成果の概要

前年度は、下記ステップ I に注力し、地球科学・歴史考古学における多様なデータの収集と整理を進めた。たとえば，UAS による RGB 空撮画像やマルチスペクトル，レーザ測量データによる地表のオルソ画像・3D 点群情報を各地で現地取得しており，また博物館における収蔵品の写真測量による 3D データもいくつか収集した。一方、ステップ I の後半や II、III にかかるシステム開発のためには、より情報技術に長けた人材と時間の確保が必要であり、保留されていた。一方、この問題を解決するため、外部資金獲得へ向けての申請原稿を準備した。

5. 今年度の研究成果の詳細

本研究では以下の 3 段階での研究を想定している。

［ステップ I：データ収集・整理フェーズ］

まず，多様なセンサを用いて得られる MHESD を集約する仕組みを mdx を用いて構築する。これには，UAS による RGB 空撮画像やマルチスペクトル・ハイパースペクトルデータ，UAS や地上ベースの Lidar（レーザ測量）による 3D 点群データなどが主な対象となる。新たな現地調査で得られる MHESD とともに，各研究者がこれまでに取得し個別に保管しているデータも集約の対象とする。元の画像データから，SfM 多視点ステレオ写真測量や点群解析を経て得られた 2 次的なプロダクトまで，数段階に分けて保管できるようなデータベースを設計する。

［ステップ II：データ解析フェーズ］

集約されたデータに基づき，即座にオンラ

インまたはダウンロードした手元で実行可能なデータ解析ツールを開発する。SfM や点群フィルタリングを含め，フリーで利用可能なソフトウェアアルゴリズムを基盤とし，オンラインで解析できるツールセットの開発を目指す。

［ステップ III：データ出力フェーズ］

集約したデータそのものや，解析済みのデータセットについて，さまざまな形態で出力できる仕組みを構築する。出力の形式としては，2 次元のラスタデータ，3 次元の点群データやポリゴンデータなど，情報技術に精通しない研究者にとっても，デジタルデータとしてそのまま簡単に使えるような形で提供できるようになることを目指す。また，3D プリントといった実物への出力や，VR（Virtual Reality），メタバースなどの仮想空間にもシームレスに接続できるような形で出力データの形式を調整する。

今年度は，ステップ I のデータ収集・整理を継続的に実施した。また，外部の商用サービスを用いたステップ II の検討，およびステップ III の共有用のデータ形式や VR・3D プリントでの出力についての検討を行った。

6. 進捗状況の自己評価と今後の展望

ステップ I・II に対応する各種データのアーカイヴと解析について，たとえば点群データからの樹木や地表面の抽出といったデータ解析の機能を加えられるかどうかの検討を，既存の商用システム（たとえば ScanX, Pix4Dcloud など）を参考として，実現可能性を検討した。その結果，商用利用されるほどの高度な解析ツールは開発コストが高く，実装することは非現実的でもあるため，基本的にはフリーで利用可能なソフトウェアを基盤とし，オンラインで基礎的な解析ができるツールセットの開発を目指すのが有用であると判断された。そうしたシステムの実装については，今後の継続的な課題となる。

今後の展望として，mdx を活用するシステム開発を，外部資金を用いて実行してゆくことが期待される。とくに，集約したデータそのものや，解析済みのデータセットについて，その保管や共有におけるさまざまな形式（2 次元のラスタデータ，3 次元の点群データやポリゴンデータなど）で入出力できる機能を実装することで，情報技術に精通しない研究者にとっても，デジタルデータとしてそのまま簡単に使えるような形で提供できるようになることが期待される。また，3D プリントといった実物への出力や，VR（Virtual Reality），メタバースなどの仮想空間にもシームレスに接続できるような形を想定している。

7. 研究業績

(1) 学術論文 （査読あり）

Yamauchi, H., Oguchi, T., Iizuka, K., Hayakawa, Y.S., Seto, T. (2024.05) Evaluation of GIScience exercise using online educational materials for Japanese university students. The Professional Geographer. https://doi.org/10.1080/00330124.2024.2341062

Faisal, B.M.R., Hayakawa, Y.S. (2024.03) Topographical dynamics based on global and UAV-SfM derived DEM products: A case study of transboundary Teesta River, Bangladesh. Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography. https://doi.org/10.1080/04353676.2024.2323347

Zeng, T.+, Wu, L., Hayakawa, Y.S., Yin, K., Gui, L., Jin, B., Guo, Z., Peduto, D. (2024.03) Advanced integration of ensemble learning and MT-InSAR for enhanced slow-moving landslide susceptibility zoning. Engineering Geology, 331.

https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2024.107436

Zeng, T.+, Wu, L., Peduto, D., Glade, T., Hayakawa, Y.S., Yin, K. (2023.11) Ensemble learning framework for landslide susceptibility mapping: Different basic classifier and ensemble strategy. Geoscience Frontiers, 14 (6), 101645. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101645

Lo, T.L.W., Hayakawa, Y.S., Nakata, Y., Hayamizu, M., Ogura, T. (2023.05) Changes in morphological characteristics of drainage basins following coseismic landslides by the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake. Geographical Studies, 98 (1). https://doi.org/10.7886/hgs.98.9

(2) 国際会議プロシーディングス （査読あり）

(3) 国際会議発表（査読なし）

Hayakawa, Y.S. (2023.05) Long-term monitoring and visualization of rocky coast erosion by three-dimensional measurements: A case study at Suzumejima Island, eastern Japan. Japan Geoscience Union Meeting 2023, HTT13-P05.

Hayakawa, Y.S., Aki, S. (2023.05) Utilizing three-dimensional solid models of landscapes for fostering geographical imagination. Japan Geoscience Union Meeting 2023, U06-P03.

Hayakawa, Y.S., Lo, T., Zulhilmi, A., Yu, X., Wang, X., Hayamizu, M. (2023.08) Assessing geoecological changes in mountain watersheds after coseismic landslides in Atsuma, Hokkaido, Japan

Hayakawa, Y.S., Okumura, K., Kontani, R., Yamaguchi, Y., Kulakoglu, F. (2023.09) Promoting sustainable disaster risk reduction through the dissemination of knowledge on natural hazards and human history in the Kayseri region. International Association of Geomorphologists (IAG) Regional Conference of Geomorphology Cappadocia 2023 "Geoheritage and Geodiversity".

Hayakawa, Y.S., Imaizumi, F., Nishii, R. (2023.10) Evaluation of sediment production processes in a large landslide using multi-sensor high-precision uncrewed aerial systems. Abstract of 2nd International Sustainable Mountain Development and Tourism Conference, 42.

(4) 国内会議発表（査読なし）

早川裕弌・奥村晃史・紺谷亮一・山口雄治・Kulakoglu Fikri (2023.05) 過去から学ぶ−東アナトリア断層周辺の自然災害と人類史：トルコ・カイセリの例． Japan Geoscience Union Meeting 2023, U13-11.

早川裕弌 (2023.07) 災害発生時やその後における無人航空機の利活用．日本学術会議学術フォーラム／第 16 回防災学術連携シンポジウム「関東大震災 100 年と防災減災科学」.

早川裕弌・田村裕彦・安芸早穂子・伊藤隆介 (2024.03) 3D 地形景観模型を活用した地理のアウトリーチ推進．日本地理学会 2024 年春季学術大会, P047.

早川裕弌 (2024.03) 高精細多層地表情報を用いた景観をまたぐ相互接続性の解明に向けて．日本地理学会 2024 年春季学術大会シンポジウム S6「地形・植生・人の見えないつながりを見える化する――高精細地理情報を用いた流域内コネクティビティの研究――」, S501.

(5) 公開したライブラリなど

(6) その他（特許，プレスリリース，著書等）